

## Sós-alkáli talajok javítása szerves és szervesetlen anyagokkal

L. L. SOMANI

Rajasthani Mezőgazdasági Egyetem Talajtani és Agrokémiai Intézete, Udaipur (India)

Sós-alkáli talajok India félsivatagi és sivatagi övezeteiben, meghatározott hidrológiai és orográfiai feltételek mellett övezetszerűen, vagy foltokban jelentős területet foglalnak el [2]. Ezeknek a talajoknak a javítására Indiában gyakran szerves anyagokat javasolnak. A sós-alkáli talajok nagy heterogenitása miatt a javításukat többnyire tenyészedényekben tanulmányozták, és csak viszonylag kevés ismétléses szabadföldi kísérletről számol be az irodalom.

Az alábbiakban ismertetett kísérleteket Udaipur mellett, tipikus meszes sós-alkáli talajon állítottuk be, annak a vizsgálatára, hogy a szerves és szervesetlen kémiai javítóanyagok hogyan befolyásolják a szikes talajok fizikai és kémiai tulajdonságait, valamint, hogy a kémiai javítási eljárások hogyan hatnak a talajok terméseredményeire. Ezekben a kérdésekben az eddig közölt néhány munka [2, 12, 13] következtetései nem egyértelműek.

### Anyagok és módszerek

A szabadföldi kísérletet Udaipurban, meszes sós-alkáli talajokon 5×5 m-es parcellákon 4 ismétlésben állítottuk be. A kísérleti terület talajának, az öntöző víznek, valamint a kísérletekben használt szerves anyagoknak tulajdonságait és kémiai összetételét az 1., 2. és 3. táblázatban adjuk meg. A kísérletben 15 kezelést alkalmaztunk, köztük a kémiaiilag mért gipsz- és kénigény felét, valamint a talaj szántott rétegének szervesszén-tartalmát 0,5%-kal növelő — azaz 10 t/ha szervesszén-tartalomnak megfelelő — szervesanyag-mennyiségeket.

Zöldtrágyának „dhaincha” (*Sesbania aculeata* Pers.) nevű, meleg éghajlaton termő pillangós növényt termeltünk a kísérlettel szomszédos területen, majd azt három hónapos korában, júniusban levágva az előírt mennyiségben szántottuk alá. Ugyanakkor adagoltuk és kevertük kezelésként az egyéb szerves és szervesetlen anyagokat és ezután a parcellák talaját egy hónapig nedvesen tartottuk, hogy a bekevert anyagok oxidációját elősegítsük. A rizst (*Jaya* fajtát) 1971. július 18-án palántáztuk.

A parcellákat egységesen, kiegyensúlyozottan műtrágyáztuk, és pedighek-táronként 130 kg N, 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30 kg K<sub>2</sub>O és 10 kg Zn hatóanyaggal. A növényeket négy alkalommal öntöztük és 1971. november 20-án arattuk le. A kezeléseket hatékonyságának ellenőrzésére parcellánként talajmintákat vettünk. A magasság és bokrosodás mérését éréskor végeztük, a termést és az ezerszázsúlyt aratáskor állapítottuk meg.

1.

## A kísérleti terület talajszelvényének

(1) Genetikai szint jele és mélysége, cm	(2) Szintek közti átmenet	(3) Talaj színe	(4) Szerkezet	(5) Fizikai talaj- fésülés	(6) Tömődöttség	pH	(7) Vízáteresztő képesség	(8) Ned- vesség, tömeg %-ban
A 0–15	a) fokozatos	10YR 7/1	c) rögös	av	e) tömődött	9,5	h) gyenge	3,51
B 15–30	a) fokozatos	10YR 5/2	c) rögös	a	e) tömődött	9,3	i) nagyon gyenge	3,83
C 30–45	b) éles	10YR 4/1	d) szerkezet nélküli	a	f) ragadós	9,2	j) nem át- eresztő	4,21
D 45–70	b) éles	10YR 3/2	d) szerkezet nélküli	a	g) erősen ragadós	9,0	j) nem át- eresztő	4,50

av = agyagos vályog; a = agyag.

A talaj hidraulikus vezetőképességét DAKSHINAMURTI és GUPTA [10], a vízálló morzsák mennyiségét YODDER [41] módszerével mértük. A talajrögök térfogatsűrűségét ABROL és PALTA [1] szerint határoztuk meg, gumoldatot használva bevonásra. A diszperziós koefficiens, valamint a víztartó képességet PIPER [24] szerint határoztuk meg.

A felvehető tápanyagokat a rizs palántázása előtt vett talajmintákból határoztuk meg, és pedig a nitrogént lúgos permanganáttal SANKARAN [29], a foszfort OLSEN [22] szerint, a káliumot semleges normál ammónium-acetát oldattal készített kivonatban [29], és a felvehető kén pedig KILMER és NEARPASS [14] szerint. A szabadföldi kísérletek beállítása előtt érleléssel állapítottuk meg, hogy mennyi idő szükséges a kén, illetve a gipsz és a talaj kicserélhető kationjai közötti egyensúly kialakításához. Kezelésként és ismétlésként 8–8, azaz 480 mintát mértünk be, hogy az érlelés előrehaladását hetenként figyelhessük.

250–250 g légszáraz talajt a kezelések szerint előírt szerves és szervetlen javítóanyagokkal kézzel összekevertünk, majd a műtrágyaoldattal és az öntözővízzel a vízkapacitás 75%-áig megnedvesítve műanyagedényekben tartottunk. Az érlelés  $30 \pm 1$  °C-on történt és a talajok nedvességtartalmának az állandóságáról gondoskodtunk. Hetenként az érlelt talajminták kicserélhető  $\text{Na}^+$  és  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrációját meghatároztuk. A rizs aratása után vett minták szervesszéntartalmát WALKLEY és BLACK szerint mértük [cit. 29], míg az elektromos vezetőképességet, a pH-értéket, a kicserélhető kationok és az oldható sók ionjainak mennyiségét RICHARDS [37] által közreadott standard módszerekkel vizsgáltuk.

## Eredmények és értékelésük

A 4. táblázat adatai mutatják, hogy a kicserélhető Na mennyisége az érlelés alatt minden kezelés talajmintájában csökkent és ezzel párhuzamosan nőtt meg a kicserélhető Ca mennyisége. A kicserélődési egyensúlyt leggyorsabban a gipszes kezelésként értük el – két hét alatt –, míg azonos körülmények között kénpor alkalmazásakor ez hat hetet igényelt. Ez a különbség valószínűleg arra vezethető vissza, hogy idő kellett a kénpor kénsavvá történő oxidációjához és a képződött kénsav hatására a talaj kalciumkarbonát-tartalmának ol-

táblázat

fizikai és kémiai jellemzői

(9) Elektromos vezetőképesség, mmhos/cm	(10) T mgeé/ /100 g	(11) Szerves C, %	(12) Mechanikai összetétel (az ásványi anyag %-ában)			(13) Kicserélhető				CaCO <sub>3</sub> %
						Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
			homok	iszap	agyag	mgeé/100 g				
12,8	19,6	0,16	55,2	12,5	32,3	4,2	8,1	5,9	0,3	4,2
11,8	18,7	0,14	50,6	12,9	36,5	4,6	8,1	5,7	0,2	3,9
10,4	17,8	0,13	46,2	13,4	40,4	4,2	7,8	5,4	0,2	5,1
10,1	17,2	0,10	44,5	14,2	41,2	3,7	7,8	5,4	0,2	6,8

dódásához [20]. A szervetlen javítóanyagoknál lényegesen nagyobb hatást értünk el, ha a gipszet, vagy kénport szerves anyaggal együtt adagoltuk. Ez a hatáskülönbség feltehetően a szerves anyagok lebomlásakor képződő gyenge savak jelenlétére vezethető vissza, melyek a rosszul oldódó kalciumvegyületek

2. táblázat

Az eredeti legfelső talajszint és a javítás során felhasznált öntözővíz  
sótartalma és egyéb jellemzői

(1) Vizsgált közeg	pH	(2) Elektromos vezetőképesség, mmhos/cm	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	(3) Na ad- szorp- ciós arány
			mgéé/l								
a) Öntözővíz	8,1	12,4	19,1	1,7	2,5	0,3	0,3	0,4	16,6	5,6	13,2
b) Telítési talaj- kivonat	9,4	12,8	82,3	17,5	32,3	0,5	0,7	1,2	83,5	44,5	24,9

(1) Vizsgált közeg	(4) Víz- kapacitás, %	(5) Szerkezeti részek megoszlása, %		(6) Térfogat- sűrűség, g/cm <sup>3</sup>	(7) Disz- perziós együtt- ható, %	(8) Hidraulikus vezető- képesség, cm/óra	(9) Ki- cserélhető Na, %	(10) Gipsz- igény, t/ha
		>0,25	0,10–0,25					
		mm						
c) Talaj	29,5	6,85	10,14	1,84	79,1	0,035	30,2	12,8

oldódását elősegítik és semlegesítik a talaj lúgos kémhatását is [16]. A szabad-földi kísérletek beállításakor ezt figyelembe véve, a javítóanyagok bekeverése és a rizs palántázása között hat hetes időközöt hagytunk. Ezáltal biztosítottuk, hogy a talaj, gipsz és kénpor által megváltoztatott egyensúlya kialakuljon és a javítóanyagok hatását a növény fejlődésére ezután tanulmányoztuk.

3. táblázat

## A szerves trágyák kémiai összetétele

(1) Szerves anyagok	O	N	P	S	K	O/N	O/P	O/S
	%							
A) Istállótrágya	32,9	1,32	0,63	0,53	0,53	25 : 1	52 : 1	62 : 1
B) Zöldtrágya*	48,3	2,68	0,39	0,46	0,85	14 : 1	124 : 1	101 : 1
C) Rizspelyva	42,3	0,82	0,17	0,15	2,88	52 : 1	249 : 1	282 : 1
D) Baromfitrágya	34,5	1,22	0,44	0,46	0,78	28 : 1	78 : 1	75 : 1

\* Zöldtrágya: Dhaincha (*Sesbania aculeata* Pers.) meleg óghajlaton termő pillangós növény

A gipsz és a kénpor adagolása nem befolyásolta a kicserélhető magnézium mennyiségét, az végig állandó maradt a javítás alatt. A kontrollhoz viszonyítva a különböző kezeléseket, a kicserélhető magnézium csekély csökkenését a megnövekedett kalciumellátottság és a kalciumnak a magnéziuménál nagyobb kicserélőképessége okozta. PUNTAMKAR és munkatársai [26] szintén írnak a kicserélhető magnézium hasonló kis mértékű csökkenéséről.

A kicserélhető kálium növekedése feltehetően a szerves anyag alkalmazásával, a talaj pH-értékének csökkenésével és az ásványi kálium kicserélhető formában való megkötődésével magyarázható. A nátriumtalajok, mint ahogy az ismert, több káliumot kötnek meg, mint a kalcium- és magnéziumtalajok [26]. A kicserélhető káliumionok mennyiségének növekedését javított talajokban már KELLEY is megemlíti [13].

A talajminták fizikai tulajdonságait jellemző adatokat az 5. táblázatban adjuk meg. Az adatok jól mutatják, hogy a talaj hidraulikus vezetőképessége minden kezelésben szignifikánsan megnőtt. Legkisebb a változás a kontroll parcellán, mivel az agyagrézecskeknek a feleslegben levő nátrium által előidézett diszperziója gátolja a hidraulikus vezetőképesség jelentősebb növekedését. A kismértékű növekedést magyarázza a talaj kalcium-karbonátjának oldatba menetele és az oldatban levő kalcium reakciója a talaj kicserélhető nátriumával az oldat hígulásakor. Az oldható kalcium flokkuláló és aggregáló hatása jól ismert a talajtanban [4, 18]. Ezzel szemben a nátriummal telített kolloid méretű részecskék erősen hidraltáltak, a kicserélhető nátrium részben hidrolizálva nátrium-hidroxidot és nátrium-karbonátot képez. Az ilyen talajrendszerek vízáteresztése igen rossz, kedvezőtlen fizikai tulajdonságaikat deflokkulált állapotuk okozza [18]. Fontos azt megjegyezni, hogy a szerves anyagok egyedüli adagolása bár szignifikáns, de nem jelentős javulást eredményezett csupán a fizikai tulajdonságokban, szemben azokkal a kezelésekkel, ahol a szerves anyagot a szervesetlen anyagokkal, mint a gipsz és a kénpor, együtt adagoltuk.

A szerves anyagok adagolása csökkentette a talaj térfogatsűrűségét (5. táblázat). Ezt a hatást a szervesetlen anyagokkal történő együttes adagolás növelte. A szerves anyagok közül, a zöldtrágyaként adott dhaincha — önmagában, illetve szervesetlen javítóanyagok, gipsz vagy kén, mellett egyaránt — volt a leghatékonyabb, hatása azonos volt a gipsz hatásával.

A kezelések a talaj más fizikai tulajdonságait is javították, így a vízálló morzsák mennyiségét növelték, a diszperziós együtthatót csökkentették, a víztartóképeséget növelték. E kedvező változásokat lényegében a kicserélhető nátriumionoknak kalciumionokkal való helyettesítése, valamint a feleslegben levő sók kilúgozása idézte elő. A dhaincha zöldtrágya minden más alkalmazott

## 4. táblázat

Különbféle szerves és szervetlen javítóanyagokkal kevert, és különböző időn át érlelt sós-alkáli talaj kicserélhető  $\text{Na}^+$ - és  $\text{Ca}^{2+}$ -tartalmának (%) alakulása

(1) Kezelések	(2) Érlelési idő, hét							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A) Kicserélhető $\text{Na}^+$ , „T” %								
0. Kontroll	30,2	29,9	29,8	29,5	29,3	29,1	29,0	28,9
1. Gipsz	27,1	25,4	23,8	23,7	23,6	23,5	23,4	23,4
2. Kénpor	28,4	27,6	26,8	26,0	24,5	23,9	22,2	21,6
3. Istállótrágya	29,5	29,0	28,8	28,7	28,5	27,5	27,3	27,0
4. Istállótrágya + gipsz	26,8	24,6	23,1	22,8	22,3	21,9	21,6	21,3
5. Istállótrágya + kénpor	29,1	27,6	25,4	23,2	21,8	20,9	20,4	19,8
6. Zöldtrágya	29,2	28,4	27,5	27,1	26,4	25,4	24,6	23,8
7. Zöldtrágya + gipsz	26,8	24,3	22,1	20,9	19,8	19,3	18,9	18,5
8. Zöldtrágya + kénpor	28,5	26,9	24,8	22,3	20,1	17,5	16,2	15,9
9. Baromfitrágya	29,4	29,1	28,9	28,6	28,5	28,3	27,6	27,0
10. Baromfitrágya + gipsz	27,0	25,2	23,9	23,2	22,1	21,4	20,9	20,5
11. Baromfitrágya + kénpor	28,9	27,5	25,7	23,5	21,6	18,5	18,1	17,8
12. Rizspelyva	29,4	29,2	28,9	28,8	28,6	28,2	27,5	26,8
13. Rizspelyva + gipsz	26,8	24,6	22,9	22,7	22,5	22,2	22,0	21,9
14. Rizspelyva + kénpor	28,2	26,3	25,1	24,0	22,3	20,5	19,2	18,9

SzD<sub>5%</sub> a kezelések között: 1,06; az érlelési időtartamok között: 1,51

B) Kicserélhető $\text{Ca}^{2+}$ , „T” %								
0. Kontroll	21,9	22,2	22,5	22,8	22,9	22,9	23,0	23,1
1. Gipsz	25,0	27,8	29,0	29,1	29,2	29,3	29,4	29,4
2. Kénpor	23,7	24,5	26,3	27,0	27,5	28,1	28,8	30,4
3. Istállótrágya	22,1	22,6	22,9	23,1	23,4	23,9	24,2	24,6
4. Istállótrágya + gipsz	25,3	27,4	28,9	29,3	29,8	30,4	30,8	31,2
5. Istállótrágya + kénpor	23,1	24,7	26,9	29,2	30,6	31,7	32,2	32,9
6. Zöldtrágya	22,9	23,7	24,6	25,1	25,7	26,8	27,6	28,4
7. Zöldtrágya + gipsz	25,3	27,8	30,0	31,1	32,1	32,7	33,3	33,9
8. Zöldtrágya + kénpor	23,5	25,1	27,1	29,7	31,9	34,5	35,8	36,2
9. Baromfitrágya	22,2	22,5	23,3	23,6	23,7	23,9	24,2	24,5
10. Baromfitrágya + gipsz	25,0	27,1	28,4	29,2	30,3	31,1	31,5	31,9
11. Baromfitrágya + kénpor	23,1	24,5	26,4	28,5	30,5	33,4	33,9	34,1
12. Rizspelyva	22,2	22,5	22,8	23,2	23,5	23,8	24,0	24,3
13. Rizspelyva + gipsz	25,5	27,6	29,3	29,5	29,7	29,9	30,3	30,1
14. Rizspelyva + kénpor	24,1	26,0	27,2	28,3	30,1	31,8	33,0	34,2

SzD<sub>5%</sub> a kezelések között: 0,93; az érlelési időtartamok között: 1,46

szerves anyagnál hatásosabb volt és majdnem olyan kedvező eredményt adott mint a gipsz önmagában. RANGASWAMI és munkatársai [27] szintén megfigyelték a sós-alkáli talajok fizikai tulajdonságainak javulását a zöldtrágya elbomlása után. A dhaincha zöldtrágyakénti alkalmazásának hasznosságát a sós-alkáli talajok javításában számos más szerző is ismerteti [11, 19, 36].

Az 5. táblázat adataiból az is világos, hogy az egyes szerves anyagok szervetlen adalékokkal, mint gipsz és kénpor, együtt jobban növelték a talaj hidraulikus vezetőképességét, a vízálló aggregátumok mennyiségét, a talaj víztartó képességét és erősebben csökkentették a diszperziós együtthatók értékét, valamint a talaj térfogatsűrűségét, mint önmagukban. Más szóval a szerves

5. táblázat  
Szerves és szervetlen javítóanyagok hatása a sós-alkáli talaj fizikai tulajdonságaira  
(átlagértékek)

(1) Kezelések	adag, t/ha	(2) Hidraulikus vezetőképesség, cm/óra	(3) Térfogat- sűrűség, g/cm <sup>3</sup>	(4) Víz- kapacitás	(5) Disz- perziós együtt- ható	(6) Vízálló morzsák >0,25 mm
					%	
0. Kontroll	—	0,06	1,80	33,5	73,4	8,3
1. Gipsz	6,4	0,20	1,71	36,5	54,3	14,5
2. Kénpor	1,2	0,25	1,65	41,0	49,6	17,5
3. Istállótrágya*	10,0	0,15	1,72	37,1	65,6	12,8
4. Istállótrágya + + gipsz	10,0 6,4	0,28	1,68	39,0	53,4	17,5
5. Istállótrágya + + kénpor	10,0 1,2	0,37	1,64	42,4	42,8	24,1
6. Zöldtrágya*	10,0	0,20	1,62	38,8	50,8	15,2
7. Zöldtrágya + + gipsz	10,0 6,4	0,33	1,50	42,2	40,8	21,7
8. Zöldtrágya + + kénpor	10,0 1,2	0,45	1,45	46,3	32,8	30,2
9. Baromfitrágya*	10,0	0,20	1,66	37,7	63,3	12,6
10. Baromfitrágya + + gipsz	10,0 6,4	0,35	1,63	39,2	51,1	18,6
11. Baromfitrágya + + kénpor	10,0 1,2	0,40	1,60	43,3	38,9	26,1
12. Rizspelyva*	10,0	0,18	1,62	38,0	56,7	15,1
13. Rizspelyva + + gipsz	10,0 6,4	0,32	1,55	30,6	47,8	19,8
14. Rizspelyva + + kénpor	10,0 1,2	0,41	1,50	44,3	36,7	28,7
SzD <sub>5%</sub>		0,04	0,08	2,2	4,2	0,7

\* = a trágyaadagok 10 t/ha szerves szénnel egyenértékűek

és a szervetlen anyagok együttesen hatékonyabban javították a talajok fizikai sajátságait, mint külön-külön. YADAV és AGARWAL szerint [39, 40] szerves anyaggal gyorsítható a talajok javulása, mert így nagyobb lesz a hidraulikus vezetőképességük és több nátriumsó lúgzódik ki.

Jelen kísérletben a kontroll parcella hidraulikus vezetőképességének 0,05 cm/óra értéke a zöldtrágyázás hatására 0,20 cm/óra, a zöldtrágyázás + gipsz hatására 0,33 cm/óra és a zöldtrágyázás + kénpor hatására 0,45 cm/óra nőtt. A csak gipsszel kezelt parcella talajának hidraulikus vezetőképessége 0,20 cm/óra, a csak kénporral kezelt parcelláé pedig 0,25 cm/óra volt. Hasonló tendenciát figyeltünk meg akkor is, ha nem zöldtrágyát, hanem más szerves anyagot alkalmaztunk. A jelenség azzal magyarázható, hogy a szervetlen javítóanyagok, mint gipsz vagy kénpor, elegendő kalcium-, esetleg hidrogéniont biztosítanak a kicserélhető nátrium helyettesítésére [8], a szerves anyag lebomlása pedig elősegíti a stabil talajszerkezet kialakulását [13].

Az 5. táblázatból látható, hogy a talaj szerkezeti faktora megnövekedett a gipsz, a zöldtrágya, a kénpor, a zöldtrágya + gipsz és a zöldtrágya + kénpor kezelések hatására. Általában a zöldtrágyát kivéve a szerves anyagok önmagukban kevésbé növelték a szerkezeti faktort és javították az ezzel kapcsolatos fizikai talajtulajdonságokat. Ezek a változások bár a kontrollhoz képest sta-



6. táblázat  
Szerves és szervetlen javítóanyagok hatása a sós-alkáli talaj kémiai összetételére

(1) Kezelések	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Cl <sup>-</sup>
	mgé/100 g							
0. Kontroll	51,05	72,50	0,68	1,42	1,00	73,50	48,81	0,66
1. Gipsz	56,06	52,70	0,75	0,94	0,72	46,20	57,87	1,25
2. Kénpor	61,55	45,55	0,81	0,74	0,61	37,45	60,32	1,61
3. Istállótrágya	55,33	70,82	0,72	1,28	0,92	71,05	46,15	0,65
4. Istállótrágya + gipsz	58,89	42,35	0,90	0,77	0,45	38,00	61,70	1,62
5. Istállótrágya + kénpor	66,85	27,41	0,96	0,41	0,25	21,70	60,64	2,79
6. Zöldtrágya	50,44	51,45	0,75	1,02	0,91	43,65	50,56	1,16
7. Zöldtrágya + gipsz	59,51	29,16	0,93	0,49	0,38	36,45	61,83	1,70
8. Zöldtrágya + kénpor	64,80	16,20	1,05	0,25	0,20	10,50	63,11	6,01
9. Baromfitrágya	52,05	65,58	0,74	1,26	0,91	69,70	45,82	0,66
10. Baromfitrágya + gipsz	56,15	45,48	0,93	0,81	0,45	44,50	61,58	1,38
11. Baromfitrágya + kénpor	59,48	17,25	1,05	0,29	0,21	17,98	63,15	3,51
12. Rizspelyva	55,41	63,72	0,78	1,15	0,92	66,63	44,50	0,67
13. Rizspelyva + gipsz	57,83	40,48	0,99	0,70	0,41	38,55	60,40	1,57
14. Rizspelyva + kénpor	60,93	16,45	1,15	0,27	0,26	13,80	61,36	4,45
SzD <sub>5</sub> %	3,12	5,57	0,12	0,18	0,11	4,68	3,53	0,52

tisztikailag szignifikánsak, kis értékük miatt azonban aligha van gyakorlati jelentőségük. Feltehetően a kalciumionok kis koncentrációja az oldatban nem gátolta, hogy a kicserélhető nátrium hidrolízisekor képződő nátrium-hidroxid és nátrium-karbonát a szerves anyagok jelentős részét oldja.

Meg kell jegyezni azt is, hogy azonos feltételek mellett a kénporos kezelés mindig jobb eredményt adott, mint a gipszes. TALATI [36], valamint BASU és TAGARE [3] is ezt tapasztalták. Ennek feltehetően az a magyarázata, hogy a kénnek *Thiobacillus thiooxidans* hatására történő oxidációjakor képződő hidrogénionok a talaj kalciumkarbonát-tartalmát oldják, s az oldott kalcium jó flokkuláló hatása mellett stabilabb humátokat képez [5, 6, 7].

a) *A talaj oldható sói.* — A talaj oldható sóinak ionos összetételét megadó 6. táblázatban jól látható, hogy a kezelések hatására a kontrollhoz képest csökkent a hidrokarbonát-ionok mennyisége, a karbonátionok pedig teljesen eltűntek. A karbonátionok egy részét feltehetően az oldat kalciumionjai kicsapták, vagy pedig a különböző kezelésekben képződő savak átalakították, esetleg lebontották. A szulfátionok mennyisége a kloridionok mennyiségéhez viszonyítva a gipszes és kénporos kezelésekben többszörösére nőtt. A kationok közül az Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> arány a kontroll parcellákban mért 1,42-nél kisebb lett és pl. a zöldtrágya + kénporos kezelésben 0,25-ös értéket mértünk. Az oldható káliumionok mennyiségének növekedése valószínűleg összefügg a kicserélhető kálium mennyiségének növekedésével, lévén a kettő egymással egyensúlyban.

A 7. táblázat adatai szerint a zöldtrágya + kénpor kezelésben közel tízszer nagyobb a vízben oldható sók különbsége, mint a kontrollban. A különböző kezelésekben a talaj oldható sókészlete a következő sorrendben csökkent: zöldtrágya + kénpor > rizspelyva + kénpor > baromfitrágya + kénpor > istállótrágya + kénpor > zöldtrágya + gipsz > rizspelyva + gipsz > kénpor > istállótrágya + gipsz > zöldtrágya > baromfitrágya + gipsz > gipsz > baromfitrágya > rizspelyva > istállótrágya > kontroll.

7. táblázat

Szerves és szervetlen javítóanyagok hatása a sós-alkáli talaj sómérlegére és kicserélhető kationtartalmára

(1) Kezelések	pH	(2) Elektromos vezetőképesség, $\mu\text{mhos/cm}$	(3) Szerves szén, %	(4) Kicserélhető kationok, T %			
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
0. Kontroll	9,11	1244	0,20	27,8	35,1	24,5	7,5
1. Gipsz	8,67	975	0,23	33,2	34,5	19,4	7,9
2. Kénpor	8,62	900	0,30	34,9	34,9	17,8	8,5
3. Istállótrágya	9,02	1100	0,34	38,8	35,3	22,6	8,1
4. Istállótrágya + gipsz	8,64	910	0,43	35,1	39,1	17,4	7,8
5. Istállótrágya + kénpor	8,53	730	0,45	37,1	35,0	15,9	7,5
6. Zöldtrágya	8,67	930	0,31	33,7	33,9	19,2	8,2
7. Zöldtrágya + gipsz	8,53	880	0,33	38,3	34,2	14,8	9,5
8. Zöldtrágya + kénpor	8,23	615	0,36	41,3	34,0	12,5	9,1
9. Baromfitrágya	9,02	1000	0,33	29,8	34,8	22,7	7,9
10. Baromfitrágya + gipsz	8,58	960	0,41	35,9	34,2	16,8	8,2
11. Baromfitrágya + kénpor	8,43	710	0,45	38,4	33,9	14,1	8,5
12. Rizspelyva	8,97	1050	0,32	30,3	35,1	22,5	8,4
13. Rizspelyva + gipsz	8,62	890	0,35	34,5	34,9	17,8	8,1
14. Rizspelyva + kénpor	8,48	650	0,43	37,4	35,1	14,7	8,9
SzD <sub>5%</sub>	0,03	140	0,02	1,9	nem szign.	2,1	0,2

A különböző kezelések eltérő hatékonyságának alapja elsősorban a talaj fizikai tulajdonságaira gyakorolt hatásuk. Ugyanerre mutat a talaj sótartalma és fizikai tulajdonságai közötti összefüggések szorossága (a korrelációs együtthatókat lásd a 8. táblázatban). A talaj pH-ja szintén csökkent és majdnem ugyanilyen sorrendben nőtt a kicserélhető kalcium mennyisége. A talaj pH-ja a különböző kezelésekben a következő: zöldtrágya + kénpor < baromfitrágya + kénpor < < rizspelyva + kénpor < istállótrágya + kénpor = zöldtrágya + gipsz < < baromfitrágya + gipsz < kénpor = rizspelyva + gipsz < istállótrágya + gipsz < zöldtrágya = gipsz < rizspelyva < istállótrágya = baromfitrágya < kontroll. A talaj pH csökkenését a kicserélhető nátriumionok kalciumionokkal való helyettesítése idézte elő. Ezt támasztják alá a korrelációs koefficiensek értékei a pH és kicserélhető nátrium ( $r = 0,88$ ), valamint a pH és a kicserélhető kalcium ( $r = -0,93$ ) között, melyek 0,1%-os valószínűségi szinten szignifikánsak. A talaj pH-jának, valamint a kicserélhető nátriumnak a csökkenése szintén kapcsolatos a talaj fizikai tulajdonságainak javulásával, valamint a talaj lúgosságát semlegesítő szerves savak képződésével [16].

A szerves anyagoknak ez a talajjavító hatása számos tényezőre vezethető vissza. Ismeretesen a szerves anyag lebomlása CO<sub>2</sub>-t szabadít fel és a talaj lúgosságát semlegesítő szerves savak is képződnek [16]. Ezen felül a mikrobálisan termelt poliszacharidok és más nagymolekulájú mézga-, s nyákyszerű anyagok a flokkulált szerkezet stabilizálódását idézik elő [31]. A szerves adalékok magukban gyenge hatékonyságúak, amint ez a talaj fizikai tulajdonságainak csekély javulásából kitűnik (5. táblázat). Az adott szerves anyag egy része feloldódott és kilúgozódott, míg a visszamaradt szerves anyag bomlásakor képződött poliszacharidok lúgos közegben nem voltak stabilak [18]. A vizsgált szerves anyagok közül egyedül a zöldtrágyaként adott dhaincha volt azonos hatékonyságú a gipszes (1-es) kezeléssel.



8. táblázat

Korrelációs koeficiensek értékei a kicserélhető  $\text{Na}^+$  és  $\text{Ca}^{2+}$ , az elektromos vezetőképesség, a pH értéke, valamint a talaj fizikai tulajdonságai és a növény fejlődését jellemző mutatók között

(1) Vizsgált tényezők	(2) Kicserélhető		(3) Elektromos vezető- képesség	pH
	$\text{Na}^+$	$\text{Ca}^{2+}$		
A) Maghozam	-0,91***	0,92***	-0,82***	-0,89***
B) Növénymagasság	-0,92***	0,91***	-0,95***	-0,90***
C) Bokrosodás	-0,90***	0,90***	-0,91***	-0,91***
D) Ezerszemsúly	-0,88***	0,93***	-0,83***	-0,92***
E) Diszperziós együttható	0,93***	-0,92***	-0,89***	0,88***
F) Szerkezeti faktor	-0,95***	0,96***	0,50*	-0,94***
G) Hidraulikus vezetőképesség	-0,96***	0,94***	-0,93***	-0,91***
pH	0,88***	-0,93***	0,90***	—
H) Kicserélhető $\text{Ca}^{2+}$	-0,97***	—	-0,89***	—
I) Vízkapacitás	-0,93***	0,90***	-0,65**	0,89***

\*\*\*  $p = 0,001$ ; \*\*  $p = 0,01$ ; \*  $p = 0,05$

b) *A humusz képződésére gyakorolt hatás.* — A 7. táblázatban közölt adatok azt bizonyítják, hogy minden kezelésben, de különösen akkor, ha szerves és szervetlen adalékot együtt alkalmaztunk, szignifikánsan nőtt a talaj szerves széntartalma. Ez a növekedés kisebb volt akkor, ha a szerves anyagokat szervetlen adalékok nélkül alkalmaztuk. Ez azzal magyarázható, hogy a szerves anyag lúgos közegben, mint azt már említettük, jól oldódik és így a gyakori öntözés mellett könnyen kilúgozódhat. A gyenge humuszképződés a dhaincha zöldtrágyakénti alkalmazásakor azzal magyarázható, hogy ennek a szervesanyag-forrásnak a C : N aránya a rizspelyvához képest szűk (3. táblázat). SOMANI és SAXENA adatai szerint a nitrogénben gazdag szerves anyagok gyorsabban metabolizálódnak, mint a nitrogénben szegényebbek [33, 34, 35]. Az istállótrágya és baromfitrágya annak ellenére, hogy szerves anyagaik C : N aránya a rizspelyvához viszonyítva szűkebb, a szerves szén mennyiségét jóval inkább növelték, mint az utóbbi, valószínűleg azért, mert már eredetileg is bizonyos mértékig humifikáltak [33, 34, 35].

c) *A tápelemek felvehetőségére gyakorolt hatás.* — A N, P és S tápanyagok felvehetőségét minden kezelés, a rizspelyva kivételével, növelte (9. táblázat). A felvehető tápanyagok mennyiségének megnövekedését előidézhette a szervesanyaggal kezelt parcellákon a szerves kötésben levő N, P, S ásványosodása. A rizspelyvás kezelésben a N, P és S immobilizálódását a szerves adalék kémiai összetétele teljes mértékben indokolja (3. táblázat). A rizspelyva N- és P-tartalma ugyanis alatta van a kritikus szintnek (1,2% N és 0,2% P), míg a C : S arány tágabb, mint 200 : 1. A zöldtrágya, az istállótrágya és a baromfitrágya bekeverésével a foszfor felvehetőségének a növekedése feltehetően ezek lebomlásakor képződő szerves savaknak a magnézium- és kalcium-foszfátokat oldó hatására [25], vagy a magnézium- és kalciumionokkal komplexet képző reakciójára vezethető vissza [30]. A kénporos és gipszes kezeléseknél a tápanyagok felvehetőségét növeli a talaj lúgosságának a semlegesítése. A zöldtrágyás kezeléseknél volt — a dhaincha gyors lebomlása és savképzése miatt — a N, P és S felvehetősége viszonylag a legnagyobb.

9. táblázat

A szerves és szervetlen javítóanyagok hatása a növényi tápelemek felvehetőségére

(1) Kezelések	(2) Felvehető tápelemek, kg/ha			
	N	P	K	S
0. Kontroll	75	3	162	7
1. Gipsz	93	5	174	14
2. Kénpor	107	7	178	17
3. Istállótrágya	119	8	184	9
4. Istállótrágya + gipsz	152	10	199	18
5. Istállótrágya + kénpor	163	12	203	22
6. Zöldtrágya	134	9	205	14
7. Zöldtrágya + gipsz	171	12	216	20
8. Zöldtrágya + kénpor	186	13	225	23
9. Baromfitrágya	109	5	189	9
10. Baromfitrágya + gipsz	150	7	204	16
11. Baromfitrágya + kénpor	160	9	208	20
12. Rizspelyva	57	1	220	3
13. Rizspelyva + gipsz	71	2	230	9
14. Rizspelyva + kénpor	76	3	242	12
SzD <sub>5%</sub>	4	1	11	2

A rizspelyva, bár a N, P és S felvehetősége szempontjából nem tekinthető hatékony javítóanyagnak, igen kedvezően hat a kálium felvehetőségére. Ilyen szempontból megelőzi a dhainchát, majd az istállótrágya és baromfitrágya következik. Miután a káliumion nem lép állandó kapcsolatba a növényi szövetekkel, a nem élő növényi maradványokból, a szerves trágyából könnyen kilúgzódik [15]. A szerves adalékok mikrobiális lebomlásakor képződő szerves savak pedig a talajásványok káliumának nem oldódó formáit mobilizálják. SOMANI és SAXENA [33, 35] szintén azt találták, hogy a szerves anyagok káliumtartalmának jelentős, a jelenlevő mennyiséggel arányos része vízbe diffundált. Ezzel összhangban a jelen tanulmányunkban használt szerves anyagok közül a rizspelyva káliumtartalma volt a legnagyobb.

A különböző anyagok talajjavító hatásának legjobb és legegyszerűbb mutatója a növény fejlődése [23]. A rizs növekedésére és hozamára vonatkozó adatokat a 10. táblázatban közöljük. Az adatok szerint a leghatékonyabb — akár csak a sómérleg és a talaj kémiai tulajdonságainak szempontjából — a zöldtrágya és a kénpor együttes adagolása volt. Így például a kontrollnál kapott 4,5 tövenkénti hajtással szemben 6,2; 6,4; 7,6; 9,3 és 11,2 volt a zöldtrágya, a gipsz, a kénpor, a zöldtrágya + gipsz és a zöldtrágya + kénpor adagolásával kezelt parcellákon. Hasonló hatása volt a kezeléseknak a növény fejlődését jellemző más tulajdonságokra. Azonos feltételek mellett a kénpor jobbnak mutatkozott, mint a gipsz, részben a gipsz meszes, lúgos közegben való gyengébb oldódása, részben a kén oxidációjakor termelődő sav hatására megnövekedett tápanyag-felvehetőség eredményeként. Mint korábban már említettük, a közeg erős lúgossága nemcsak a tápanyagfelvételt befolyásolja kedvezőtlenül, de a részecskék diszperzitását és duzzadását növelve, a talaj fizikai állapotát, és ezzel együtt a levegőzését is rontja.

Annak ellenére, hogy a rizspelyva jobban javította a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait mint az istállótrágya és a baromfitrágya, ez a hatás nem jelentkezett a terméseredményben. Ez a növény fejlődésének kezdeti szakaszá-

## 10. táblázat

A szerves és szervetlen javítóanyagok hatása a rizs fejlődésére és a terméseredményre  
sós-alkáli talajon

(1) Kezelések	(2) Szem	(3) Szalma	(4) Ezerszem- súly, g	(5) Bokrosodás, hajtás/tő	(6) Növény- magasság, cm
	termés, kg/ha				
0. Kontroll	565	980	17,5	4,5	72,5
1. Gipsz	1140	1804	21,8	6,4	79,6
2. Kénpor	1285	2070	22,4	7,6	85,4
3. Istállótrágya	815	1415	20,1	5,4	76,5
4. Istállótrágya + gipsz	1785	2680	23,4	8,3	83,6
5. Istállótrágya + kénpor	2025	3050	27,7	10,0	89,7
6. Zöldtrágya	1062	1538	22,4	6,2	79,7
7. Zöldtrágya + gipsz	2005	3115	27,3	9,3	85,4
8. Zöldtrágya + kénpor	2675	3546	40,9	11,2	90,7
9. Baromfitrágya	725	1370	21,1	4,9	74,9
10. Baromfitrágya + gipsz	1620	2493	23,4	7,8	82,6
11. Baromfitrágya + kénpor	1915	2972	26,3	9,5	88,8
12. Rizspelyva	683	1336	22,6	4,7	76,7
13. Rizspelyva + gipsz	1495	2316	22,5	7,5	86,4
14. Rizspelyva + kénpor	1755	2725	29,1	9,3	91,1
SzD <sub>5</sub> %	125	153	2,1	0,9	3,9

ban a felvehető tápanyagok immobilizálódásának (9. táblázat) és feltehetően a rizspelyva lebomlásakor felszabaduló fitotoxikus anyagok hatásának a következménye [33].

Több szerző közül adatokat a gipsz, mint a kénpor termésmenővelő hatásáról [2, 12]. Ennek magyarázata valószínűleg az, hogy a közölt kísérletekben nem állott elegendő idő rendelkezésre ahhoz, hogy a kén egyensúlyba jöjjön a talaj kicsérélhető kationjaival. Az érleléses kísérletek világosan mutatják, hogy az egyensúly beálltának az ideje a gipsz esetében csupán két hét, a kénpor esetében pedig hat hét. A reakcióidőnek ez a különbsége tükröződött azután a viszonylagos hatékonyságukban. Kísérleti körülményeink azonban jól biztosították a kén oxidációjához szükséges összes feltételeket, s így a kénpor gyorsan szulfáttá oxidálódott [9, 17, 21, 32]. Ezt lúgos közegben, mind laboratóriumi, mind szabadföldi feltételek között, SAMUELS is megfigyelte [28]. Kísérleteikben elegendő idő volt a rizs palántázása előtt ahhoz, hogy a kénpor oxidálódjon, és egyensúlyba jusson a kicsérélhető kationokkal. Emiatt bizonyult a kénpor hatékonnyabbnak, mint a gipsz.

## Összefoglalás

Laboratóriumi, érleléses és szabadföldi kísérletekben, meszes sós-alkáli talajokon vizsgáltuk a szervetlen talajjavító anyagok (gipsz és kénpor), valamint ezek szerves anyagokkal való (zöldtrágya (*Sesbania aculeata* Pers.), istállótrágya, baromfitrágya és rizspelyva) kombinációi hatását a talaj fizikai tulajdonságaira, a sómérlegre és a növény fejlődésére.

Az érlelési kísérletek azt mutatták, hogy gipsz alkalmazásakor két hét, kénpor esetében hat hét volt szükséges ahhoz, hogy az adagolt szervetlen anya-

gok egyensúlyba jussanak a kicserélhető kationokkal a talajban. Ezért szabadföldi kísérletekben a javítóanyag adagolása után hat héttel történt a rizs palántázása. Így a gipszes és a kénporos kezelések esetében egyaránt beállhatott a kicserélődési egyensúly. Ilyen körülmények között a kénpor, illetve a kénpor + szerves anyag alkalmazása hatékonyabb volt mint a gipszé. Az összes kezelések közül a kénpor + zöldtrágya adta a legjobb eredményt. A vizsgált szerves adalékok közül a zöldtrágya mutatkozott legjobbnak. A szerves és szervetlen javítóanyagok hatása összegeződött, és kedvezően befolyásolta a talaj fizikai tulajdonságait, a sómérleget és a növények fejlődését.

### Irodalom

- [1] ABROL, I. P. & PALTA, J. P.: Bulk density determination of soil clods using rubber solution as a coating material. *Soil Sci.* **106**. 465—468. 1968.
- [2] AGARWAL, R. R., YADAV, J. S. P. & GUPTA, R. N.: *Saline and Alkali Soils of India*. ICAR New Delhi. 1979.
- [3] BASU, J. K. & TAGORE, V. D.: Soils of Deccan canals. IV. The alkali soils their nature and management. *Indian J. Agric. Sci.* **13**. 157—181. 1941.
- [4] BAVER, L. D.: The effect of the amount and nature of exchangeable cations on the structure of a colloidal clay. *Missouri Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* No. 129. 1929.
- [5] BAVER, L. D.: Factors contributing to the genesis of soil microstructure. *Amer. Soil Surv. Assoc. Bull.* No. 16. 1935.
- [6] BAVER, L. D.: *Soil physics*. Wiley and Sons. Inc. New York. 1956.
- [7] BAVER, L. D. & HALL, N. S.: Colloidal properties of soil organic matter. *Missouri Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* No. 267. 1937.
- [8] BRADFIELD, R.: The value and limitations of calcium in soil structure. *Amer. Soil Surv. Assoc. Bull.* 17. 1936.
- [9] BURNS, G. R.: Oxidation of sulphur in soils. *Sulphur Inst. Tech. Bull.* No. 13. 1967.
- [10] DAKSHINAMURTI, C. & GUPTA, R. P.: *Practicals in soil physics*. Indian Agric. Res. Inst. New Delhi. 1968.
- [11] DHAWAN, C. L., BHATNAGAR, B. B. L. & GHAI, P. D.: Role of green manuring in reclamation. *Proc. Nat. Acad. Sci. India.* **27/A**. 168—205. 1958.
- [12] GUPTA, I. C. & PAHWA, K. N.: *A century of soil salinity research in India*. Oxford and IBH Publ. Co. New Delhi. 1978.
- [13] KELLEY, W. P.: *Alkali soils, their formation, properties and reclamation*. Reinhold Publ. Co. New York. 1951.
- [14] KILMER, V. J. & NEARPASS, D. C.: The determination of available sulphur in soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* **24**. 337—340. 1960.
- [15] LAWTON, K. & COOK, R. L.: Potassium in plant nutrition. *Adv. Agron.* **6**. 253—303. 1954.
- [16] LIPMAN, C. B. & GERICKE, W. P.: The inhibition by stable manure of the injurious effects of alkali salts in soils. *Soil Sci.* **7**. 105—120. 1919.
- [17] McGEORGE, W. T. & GREENS, R. A.: Oxidation of sulphur in Arizona soils and its effect on soil properties. *Ariz. Agric. Expt. Sta. Techn. Bull.* 59. 1935.
- [18] MARTIN, J. P. & ALDRICH, D. G.: Influence of soil exchangeable cation ratio on the aggregating effects of natural and synthetic soil conditioners. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* **19**. 50—54. 1955.
- [19] MEHTA, M. L.: *Land reclamation*. Vol. I. Publ. Centr. Bd. Irrig. New Delhi. 1951.
- [20] MAHMOUD, S. A. Z., JAHIA, S. M. & EL-DAMATY, A.: The effect of some soil amendments on chemical and microbiological properties of an alkali soil. *Plant and Soil.* **30**. 1—14. 1969.
- [21] MOSER, U. S. & OLSEN, R. V.: Sulphur oxidation in four soils as influenced by soil moisture tension and sulphur bacteria. *Soil Sci.* **76**. 251—257. 1953.
- [22] OLSEN, S. R. et al.: Estimation of available phosphorus in soils by extraction with  $\text{NaHCO}_3$ . *USDA Circ.* 939. Washington 1954.
- [23] OVERSTREET, R., MARTIN, J. C. & KING, H. M.: Gypsum, sulphur and sulphuric acid for reclaiming an alkali soil of Fresno series. *Hilgardia.* **21**. 113—127. 1951.
- [24] PIPER, C. S.: *Soil and plant analysis*. Internat. Sci. Publ. Inc. New York. 1950.

- [25] PRABHAKAR, A. S., PATIL, S. V. & KRISHNAMURTHY, K.: Influence of organic manures, ammonical and nitrate nitrogen on the availability of soil and applied phosphorus. *J. Indian Soc. Soil Sci.* **20**. 413—415. 1972.
- [26] PUNTAMKAR, S. S., MEHTA, P. C. & SETH, S. P.: Effect of gypsum and manure on the growth of wheat irrigated with bicarbonate rich water. *J. Indian Soc. Soil Sci.* **22**. 281—285. 1974.
- [27] RANGASWAMI, G., SUNDARA RAO, W. V. B. & SANT SINGH: Soil biology in review of soil research in India. *Indian Soc. Soil Sci. New Delhi*. 1971.
- [28] SAMUELS, C. D.: The oxidation of sulphur in alkali soil and its effect on the replaceable bases. *Hilgardia*. **3**. 1—26. 1927.
- [29] SANKARAM, A.: A laboratory manual for agricultural chemistry. Asia Publ. House. Bombay. 1966.
- [30] SEN, S. & BAINS, S. S.: Effect of farmyard manure and superphosphate on berseem yield, nodulation and on nitrogen and available phosphorus content of the soil. *J. Indian Soc. Soil Sci.* **3**. 41—49. 1955.
- [31] SHRIKHANDE, J. C.: The production of mucus during the decomposition of plant material. *Biochem. J.* **27**. 157—162. 1923.
- [32] SOMANI, L. L.: A study on the mineralization of sulphur under the influence of decomposing organic materials in some soils of Rajasthan. *Labdev J. Sci. Techn.* **13 B**. 44—47. 1975.
- [33] SOMANI, L. L. & SAXENA, S. N.: Effect of some organic matter sources on nutrient availability, humus buildup, soil physical properties and wheat yield under field condition. *Ann. Arid Zone*. **14**. 149—158. 1975.
- [34] SOMANI, L. L. & SAXENA, S. N.: Humus buildup and mineralization of nitrogen, phosphorus and sulphur under the influence of decomposing organic materials in a medium black soil of Rajasthan. *Trop. Agric. Ceylon*. **132**. 9—21. 1976.
- [35] SOMANI, L. L. & SAXENA, S. N.: A study on the decomposition of some organic matter sources in the medium black soil of Udaipur. Humus buildup and nutrient availability. *Univ. U. Res. J.* **15**. 30—41. 1977.
- [36] TALATI, R. P.: Field experiments on the reclamation of salt lands in Baramai of Bombay Deccan. *Indian J. Agric. Sci.* **17**. 153—174. 1947.
- [37] USDA Handbook No. 60. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. (Ed.: RICHARDS, L. A.) USDA Washington. 1954.
- [38] WADLEIGH, C. H. & FIREMAN, M.: Multiple regression analysis of soil data. *Soil Sci.* **78**. 129—139. 1954.
- [39] YADAV, J. S. P. & AGARWAL, R. R.: Dynamics of soil changes in the reclamation of saline-alkali soils of the Indogangatic alluvium. *J. Indian Soc. Soil Sci.* **7**. 313—322. 1959.
- [40] YADAV, J. S. P. & AGARWAL, R. R.: A comparative study of effectiveness of gypsum and dhaincha in the reclamation of saline-alkali soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.* **9**. 151—156. 1961.
- [41] YODER, R. E.: A direct method of aggregate analysis and a study of the physical nature of erosion losses. *J. Amer. Soc. Agron.* **28**. 337—351. 1936.

*Érkezett: 1980. augusztus 11.*

## Reclamation of a Saline-Alkali Soil Using Organic Materials and Inorganic Amendments

L. L. SOMANI

Department of Soil Science and Agricultural Chemistry, Rajasthan College of Agriculture, Udaipur (India)

### Summary

A field experiment involving application of four different organic materials (FYM, dhaincha, poultry manure and rice husk) on equivalent organic carbon basis (10 t/ha) and two inorganic amendments namely gypsum and sulphur (applied to meet the 50 per cent gypsum requirement of the soil) was laid out on the calcareous saline-alkali soil and efforts were made to study their reclamative effects on the physical and chemical

properties of the soil and yield of paddy crop. In all, fifteen independent treatments involving organic manures alone as well as in conjunction with amendments were tried.

This field experiment was preceded by an incubation experiment planned to study the time required by gypsum and sulphur to arrive at equilibrium with the exchange complex of this soil. The results of this incubation experiment revealed that in the case of gypsum treatments, the equilibrium with exchangeable cations was faster, being attained in about two weeks, while it took almost six weeks with sulphur. These differences could be attributed to the time required by sulphur for oxidation to sulphuric acid before it can react with  $\text{CaCO}_3$  to produce soluble calcium. In the subsequent field experiment, therefore, a time period of six weeks after incorporation of organic materials and inorganic amendments or their combined application, was allowed to permit both gypsum and sulphur to reach equilibrium with the soil exchange complex.

The results of the field trial revealed that the ratio  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  decreased from 1.42 in control to 0.25 under treatment involving addition of dhaincha (*Sesbania aculeata* Pers.) + sulphur. The soil pH under various treatments was directly related with exchangeable sodium ( $r = 0.88$ ;  $p = 0.001$ ) and inversely with the content of exchangeable calcium ( $r = -0.93$ ;  $p = 0.001$ ). Improvement in pH and concentration of soluble salts was found to be associated with corresponding improvements in soil physical properties. Combined application of organic materials and inorganic amendments resulted in far better improvements compared to the sum of improvements brought about when they were incorporated individually. In spite of the fact that dhaincha, whether used alone or along with inorganic amendments (gypsum or sulphur) proved better in favourably improving the physical properties of the soil, salt balance, pH, electrical conductivity, nutrient availability and crop yield over comparable treatments involving the other organic materials (FYM, poultry manure and rice husk), yet it could not prove its superiority when compared on the basis of its humus building capacity. This was perhaps because dhaincha being a nitrogen rich succulent material, was metabolized more rapidly. The humus building power of these organic materials was in decreasing order: FYM > poultry manure > rice husk > dhaincha.

Incorporation of rice husk resulted in better improvement of soil physical properties and increased availability of potassium but it immobilized other nutrients (N, P and S) and therefore resulted in lowered crop yield as compared to yields under comparable treatments involving incorporation of dhaincha, FYM and poultry manure which mineralized appreciable quantities of N, P and S in the soil. The improvement in growth attributes and grain and straw yields was directly related with the improvements in physical and chemical properties of the soil.

The results led us to conclude that after initial equilibration and oxidation, sulphur provided better reclamation of calcareous saline-alkali soil as compared to gypsum application. Use of organic materials along with inorganic amendments resulted in faster reclamation.

**Table 1.** Physico-chemical characteristics of the soil used for the experiment. (1) Horizon and depth, cm. (2) Boundary: a) diffuse, b) clear. (3) Colour. (4) Structure: c) blocky, d) puddled. (5) Texture: av: clay loam, a: clay. (6) Consistence: e) compact, f) sticky, g) very sticky. (7) Permeability: h) slightly permeable, i) less permeable, j) impeded. (8) Moisture, % dry weight. (9) E. C., mmhos/cm. (10) CEC, me/100 g. (11) Organic C, %. (12) Mechanical composition (percentage of mineral matter): sand, silt and clay. (13) Exchangeable cations, me/100 g.

**Table 2.** The salinity and other characteristics of the original surface soil and the irrigation water used in the reclamation of the area. (1) Characteristics: a) Irrigation water; b) Saturation extract of soil; c) Soil. (2) E. C., mmhos/cm. (3) Sodium adsorption ratio (SAR). (4) Water holding capacity, %. (5) Aggregate size distribution, %. (6) Bulk density,  $\text{g/cm}^3$ . (7) Dispersion coefficient, %. (8) Hydraulic conductivity, cm/hr. (9) Exchangeable Na, %. (10) Gypsum requirement, t/ha.

**Table 3.** Chemical composition of organic materials. (1) Organic materials: A) Farm yard manure (FYM); B) Dhaincha (DH) (*Sesbania aculeata* Pers.); C) Rice husk (RH); D) Poultry manure (PM).

**Table 4.** Changes in per cent exchangeable  $\text{Na}^+$  and  $\text{Ca}^{2+}$  of the saline-alkali soil mixed with various organic and inorganic amendments and incubated for various periods. (1) Treatments: 0. Control; 1. Gypsum; 2. Sulphur; 3. FYM; 4. FYM + Gypsum; 5. FYM + Sulphur; 6. Dhaincha; 7. DH + Gypsum; 8. DH + Sulphur; 9. Poultry manure; 10. PM + Gypsum; 11. PM + Sulphur; 12. Rice husk; 13. RH + Gypsum; 14. RH + Sulphur; A) Exchangeable  $\text{Na}^+$ ; B) Exchangeable  $\text{Ca}^{2+}$ . (2) Incubation period in weeks. L. S. D. (5%) for treatments and for incubation stages.



*Table 5.* Effect of organic and inorganic amendments on the physical properties of the saline-alkali soil (mean value). (1) Treatments and dosage, t/ha. \* = doses of manure are equivalent with 10 t/ha organic C. (2) Hydraulic conductivity, cm/hr. (3) Bulk density, g/cm<sup>3</sup>. (4) Water holding capacity, %. (5) Dispersion coefficient, %. (6) Water stable aggregates > 0.25 mm, %.

*Table 6.* Effect of organic and inorganic amendments on soluble cations and anions of the saline-alkali soil. (1) Treatments.

*Table 7.* Effect of organic and inorganic amendments on the salt balance and chemical characteristics of the saline-alkali soil. (1) Treatments. (2) E. C.  $\mu\text{mhos/cm}$ . (3) Organic carbon, %. (4) Exchangeable cations, % of total CEC.

*Table 8.* Values of correlation coefficient (r) for relationship between exchangeable  $\text{Na}^+$  and  $\text{Ca}^{2+}$ , electrical conductivity (E. C.), pH and soil physical properties and growth characters. (1) Factors examined: A) Grain yield; B) Height; C) Tillering; D) 1000-grain weight; E) Dispersion coefficient; F) Structural index; G) Hydraulic conductivity; H) Exchangeable  $\text{Ca}^{2+}$ ; I) Water holding capacity. (2) Exchangeable  $\text{Na}^+$  and  $\text{Ca}^{2+}$ . (3) E. C.

*Table 9.* Effect of organic materials and inorganic amendments on the availability of nutrients. (1) Treatments. (2) Available nutrients, kg/ha.

*Table 10.* Effect of organic and inorganic amendments on the yield and growth attributes of paddy crop on the saline-alkali area. (1) Treatments. (2) Grain yield, kg/ha. (3) Straw yield, kg/ha. (4) 1000-grain weight, g. (5) Number of tillers per plant. (6) Height, cm.

## Melioration von Salz-Alkaliböden mit organischen und anorganischen Stoffen

L. L. SOMANI

Institut für Bodenkunde und Agrochemie der Landwirtschaftlichen Universität von Rajasthan, Udaipur (Indien)

### Zusammenfassung

Es wurde im Feldversuch mit Gaben von vier unterschiedlichen organischen Stoffen (Stallmist, Gründünger, Geflügelkot, Reissprou) in einer, dem gleichen organischen Kohlenstoffgehalt von 10 t/ha entsprechenden äquivalenten Menge, und von zwei anorganischen Meliorationsmitteln (Gips und Schwefelpulver) in einer, dem 50%-igen Gipsbedarf entsprechenden Menge, die Meliorationswirkung dieser Stoffe betreffs physikalischer und chemischer Eigenschaften von Salz-Alkaliböden und betreffs des Reisertrages auf diesen Böden untersucht. Die organischen und anorganischen Meliorationsmittel wurden unter sich selbst und untereinander kombiniert in etwa 15 unabhängigen Varianten angewendet. Vor der Ausführung der Feldversuche wurden Inkubationsversuche im Laboratorium vorgenommen, deren Ziel die Feststellung der zum Erreichen des Austauschgleichgewichtes notwendigen Zeitdauer im Falle von Gips und Schwefel war. Die Inkubationsversuche ergaben, dass bei Gips das Gleichgewicht mit den austauschbaren Kationen des Bodens innerhalb von zwei Wochen erreicht werden kann, bei Schwefel waren dazu fast 6 Wochen notwendig. Der Unterschied kann damit erklärt werden, dass zur Oxydation des Schwefels zu Schwefelsäure und für die Schwefelsäure zur Reaktion mit dem Kalciunkarbonat des Bodens um eine lösliche Kalciumverbindung zu gewinnen, mehr Zeit benötigt wird, als im Falle von Gips. Dies in Betracht genommen, haben wir in den Feldversuchen zwischen der Ausbringung der Meliorationsmittel und dem Aussetzen der Reispflänzlinge ein Intervall von 6 Wochen gesichert, damit sowohl der Gips, als auch der Schwefel mit dem Adsorptionskomplex des Bodens in Gleichgewicht kommen könne, und wir deren Wirkung auf diese Weise studieren können.

Bei jener Variante des Feldversuches, wo als Gründünger Dhaincha (*Sesbania aculeata* Pers.) und als anorganisches Verbesserungsmittel Schwefel verwendet wurde, zeigte das Verhältnis  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  einen Wert von 0,25 — dasselbe Verhältnis betrug auf der unbehandelten (Kontroll) Parzelle einen Wert von 1,42. Der pH-Wert des Bodens war in den einzelnen Varianten in geradem Verhältnis zur Menge des austauschbaren Natriums ( $r = 0,88$ ;  $p = 0,001$ ) und in umgekehrtem Verhältnis zur Menge des austauschbaren Kalciuns ( $r = -0,93$ ;  $p = 0,001$ ). Mit der Abnahme des pH-Wertes und der gesamten Salzkonzentration des Bodens erfolgte gleichzeitig eine Melioration der

physikalischen Bodeneigenschaften. Eine weitaus grössere Wirksamkeit zeigte die gemeinsame Anwendung der organischen und anorganischen Meliorationsstoffe, als jene Wirksamkeit war, die bei der getrennten Anwendung der gleichen Stoffe beobachtet wurde. Trotzdem die Anwendung der Dhaincha als Gründünger an sich und in Kombination mit anorganischen Meliorationsstoffen die physikalischen Bodeneigenschaften, die Salzbilanz, den pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit, die Nährstoffaufnahme und den Ertrag wirksamer verbessert hat als die übrigen untersuchten organischen Stoffe (Stallmist, Geflügelkot, Reisspreu), kann ihre Priorität nicht bewiesen werden, wenn wir diese aufgrund der Humusbildung untersuchen. Dies hat offensichtlich seinen Grund darin, dass der Metabolismus der Dhaincha — infolge ihrer Sukkulenz und ihres Reichtums an N — schnell vor sich geht. Vom Standpunkt der Humusbildung aus ist die Reihenfolge der untersuchten organischen Stoffe wie folgt: Stallmist > Geflügelkot > Reisspreu > Dhaincha.

Vom Standpunkt der Melioration der physikalischen Bodeneigenschaften aus, war die Anwendung von Reisspreu am vorteilhaftesten und sie erhöhte auch den aufnehmbaren Kaliumvorrat des Bodens, wegen der Immobilisierung der übrigen Nährstoffe (N, P, S) ergab sie aber einen geringeren Ertrag, als sonst unter den gleichen Umständen der Gründünger, Stallmist und Geflügelkot, bei deren Mineralisation N, P und S merklich mobilisiert wurden. Die bessere Entwicklung der Pflanze, die sich im Korn- und Stengelertrag zeigte, stand in geradem Verhältnis zu der Melioration der physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften.

Aus den Resultaten kann gefolgert werden, dass nach der anfänglichen Oxidation und dem Erlangen des Ionenaustauschgleichgewichtes der Schwefel ein wirksameres Meliorationsmittel ist, als der Gips. Die gemeinsame Anwendung von organischen Stoffen mit anorganischen Verbesserungsmitteln beschleunigt die Bodenmelioration.

**Tab. 1.** Physikalische und chemische Kennwerte des Bodenprofils vom Versuchsgebiet. (1) Bezeichnung und Tiefe des genetischen Horizontes. (2) Übergang zwischen den Horizonten: a) stufenweise; b) scharf abgegrenzt. (3) Bodenfarbe. (4) Struktur: c) schollig; d) strukturlos. (5) Physikalische Bodenart: av = toniger Lehm; a = Ton. (6) Verdichtung: e) verdichtet; f) klebrig; g) stark klebrig. (7) Durchlässigkeit: h) schwach; i) sehr schwach; j) undurchlässig. (8) Feuchtigkeit in %-en der Bodenmasse. (9) Elektrische Leitfähigkeit, mmhos/cm. (10) T-Wert, mval/100 g. (11) Organischer C-Gehalt, %. (12) Körnung (in %-en des Mineralstoffgehaltes): Sand, Schlamm und Ton. (13) Austauschbare Kationen.

**Tab. 2.** Salzgehalt des ursprünglich obersten Bodenhorizontes und des zur Melioration verwendeten Bewässerungswassers, sowie einige weitere Kennwerte des letzteren. (1) Untersuchte Probe: a) Bewässerungswasser; b) Sättigungsauszug des Bodens; c) Boden. (2) Elektrische Leitfähigkeit, mmhos/cm. (3) Adsorptionsverhältnis des Na. (4) Wasserkapazität, %. (5) Verteilung der Strukturteile, %. (6) Lagerdichte, g/cm<sup>3</sup>. (7) Dispersionskoeffizient, %. (8) Hydraulische Leitfähigkeit, cm/Stunde. (9) Austauschbares Na, %. (10) Gipsbedarf, t/ha.

**Tab. 3.** Chemische Zusammensetzung der organischen Dünger. (1) Organische Dünger: A) Stallmist; B) Gründünger (Dhaincha = *Sesbania aculeata* Pers. = Leguminose der warmen Zonen); C) Reisspreu; D) Geflügelkot.

**Tab. 4.** Austauschbare Mengen von Na und Ca (in %) der Salz-Alkaliböden mit organischen und anorganischen Meliorationsstoffen vermischt, nach verschieden langer Inkubationsdauer. (1) Varianten: 0. Unbehandelt; 1. Gips; 2. Schwefelpulver; 3. Stallmist; 4. Stallmist + Gips; 5. Stallmist + Schwefelpulver; 6. Gründünger (Dhaincha); 7. Gründünger + Gips; 8. Gründünger + Schwefelpulver; 9. Geflügelkot; 10. Geflügelkot + Gips; 11. Geflügelkot + Schwefelpulver; 12. Reisspreu; 13. Reisspreu + Gips; 14. Reisspreu + Schwefelpulver. A) Austauschbare Na<sup>+</sup>-Ionen; B) Austauschbare Ca<sup>2+</sup>-Ionen. (2) Inkubationsdauer, Wochen. GD<sub>5%</sub> zwischen den Varianten, bzw. zwischen der Dauer der Inkubationen.

**Tab. 5.** Wirkung der organischen und anorganischen Meliorationsmittel auf die physikalischen Eigenschaften der Salz-Alkaliböden (Mittelwerte). (1) Varianten und Gaben (t/ha). \* = Die Düngergaben sind gleichwertig mit 10 t/ha organischem Kohlenstoff. (2) Hydraulische Leitfähigkeit, cm/Stunde. (3) Lagerdichte, g/cm<sup>3</sup>. (4) Wasserkapazität, %. (5) Dispersionskoeffizient, %. (6) Wasserbeständige Krumen (> 0,25 mm), %.

**Tab. 6.** Wirkung der organischen und anorganischen Meliorationsmittel auf die chemischen Eigenschaften der Salz-Alkaliböden. (1) Varianten.

**Tab. 7.** Wirkung der organischen und anorganischen Meliorationsmittel auf die Salzbilanz und den Gehalt an austauschbaren Kationen der Salz-Alkaliböden. (1) Varianten.

ten. (2) Elektrische Leitfähigkeit,  $\mu\text{mhos/cm}$ . (3) Organischer Kohlenstoff. (4) Austauschbare Kationen, T%.

Tab. 8. Korrelationskoeffizienten zwischen den Kennwerten «austauschbares  $\text{Na}^+$  und  $\text{Ca}^{2+}$ », elektrische Leitfähigkeit, «pH-Wert», «physikalische Eigenschaften des Bodens» und «Entwicklungsstadium der Pflanzen». (1) Untersuchte Faktoren: A) Korntrag; B) Pflanzenhöhe; C) Bestockung; D) Tausendkorngewicht; E) Dispersionskoeffizient; F) Strukturfaktor; G) Hydraulische Leitfähigkeit; H) Austauschbares  $\text{Ca}^{2+}$ ; I) Wasserkapazität. (2) Austauschbares  $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+}$ . (3) Elektrische Leitfähigkeit.

Tab. 9. Wirkung der organischen und anorganischen Meliorationsmittel auf die Aufnehmbarkeit der Pflanzennährstoffe. (1) Varianten. (2) Aufnehmbare Nährstoffe, kg/ha.

Tab. 10. Wirkung der organischen und anorganischen Meliorationsmittel auf die Entwicklung und den Ertrag des Reises auf Salz-Alkaliböden. (1) Varianten. (2) Korntrag, kg/ha. (3) Strohertrag, kg/ha. (4) Tausendkorngewicht, g. (5) Bestockung, Trieb per Pflanze. (6) Pflanzenhöhe, cm.

## Мелиорация щелочных засоленных почв органическими и неорганическими материалами

Л. Л. СОМАНИ

Институт почвоведения и агрохимии Сельскохозяйственного Университета в Райастане, Удаипур (Индия)

### Резюме

В полевых опытах изучили влияние четырех различных органических удобрений (навоз, зеленое удобрение, птичий навоз и рисовая шелуха), внесенных в количествах, эквивалентных содержанию органического углерода (10 тонн/га), и двух химических мелиорантов гипса и серного порошка, внесенных в количестве 50%-ов от требуемого гипса, на физические и химические свойства карбонатных щелочных засоленных почв и на урожай риса. Органические и неорганические материалы в чистом виде и в комбинациях использовали в пятнадцати независимых друг от друга вариантах.

Полевым опытам предшествовали лабораторные опыты с инкубацией почвы для определения времени наступления ионнообменного равновесия в случае гипса и серного порошка. Опыты с инкубацией почвы показали, что при внесении гипса ионнообменное равновесие наступает через две недели, при внесении серного порошка — через шесть недель. Это говорит о том, что прежде чем серная кислота вступит в реакцию с ионами кальция  $\text{CaCO}_3$  и образуются растворимые соединения кальция, требуется определенное время для окисления серного порошка в серную кислоту. Исходя из этого, опыты продолжали шесть недель со дня внесения органических и неорганических материалов для создания равновесия между адсорбционными комплексами почвы, гипсом и серным порошком, что позволило бы лучше изучить их влияние.

В тех вариантах полевого опыта, где в качестве зеленого удобрения применили дханнат (*Sesbania aculeata* Pers.), а в качестве химического мелиоранта серный порошок, соотношение  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  по сравнению с контролем с 1,42 снизилось до 0,25. В различных вариантах величины pH находились в прямой зависимости с содержанием ионов обменного натрия ( $r = 0,88$ ;  $P = 0,001$ ) и в обратной зависимости с количеством ионов обменного кальция ( $r = 0,93$ ;  $P = 0,001$ ).

Снижение pH и общей концентрации солей сопровождалось улучшением физических свойств почвы. Эффект при совместном внесении органических и неорганических материалов гораздо выше, чем общий эффект при их раздельном внесении. Несмотря на то, что дханнат как зеленое удобрение один или с добавлением химических мелиорантов значительно улучшил физические свойства почвы, солевой баланс, pH, электропроводность, усвоение питательных элементов по сравнению с другими органическими удобрениями (навоз, птичий навоз и рисовая шелуха), нельзя доказать его преимущества, подходя со стороны изучения гумусообразования. Очередность органических удобрений по способности образования гумуса (в убывающем порядке) следующая: навоз, птичий навоз, шелуха риса и зеленое удобрение.

Внесение рисовой шелухи привело к самому значительному улучшению физических свойств почвы и накоплению калия, но в то же время к иммобилизации других (N, P, S)

питательных элементов, поэтому урожай на этих вариантах были ниже, чем на вариантах с внесением зеленого удобрения, навоза и птичьего навоза, при минерализации которых в почве освобождается значительное количество N, P, S. Лучшее развитие растений, на что указывали зерно и солома, находилось в прямой связи с улучшением химических и физических свойств почвы.

По результатам опыта можно сделать следующее заключение. После начального окисления и наступления ионнообменного равновесия, серный порошок на щелочных засоленных почвах показал себя более эффективным мелиорантом, чем гипс. Внесение органических удобрений вместе с химическими мелиорантами интенсифицирует процесс улучшения почвы.

**Табл. 1.** Химические и физические свойства почв опытного участка. (1) Обозначение генетического горизонта и его глубина. (2) Переход между горизонтами: а) постепенный, б) резкий. (3) Цвет почвы. (4) Структура: с) комковатая, d) бесструктурная почва. (5) Механический состав: ав: тяжелый суглинок, а: глина. (6) Плотность: е) плотный, f) липкий, g) сильно липкий. (7) Водопроницаемость: h) слабая, i) очень слабая, j) практически почва водонепроницаемая. (8) Влажность в % объема. (9) Электропроводность в ммхос/см. (10) Т в мг.экв/100 г почвы. (11) Органический углерод %. (12) Механический состав (в % от минерального вещества): песок, ил и глина. (13) Содержание обменных катионов.

**Табл. 2.** Содержание солей и другие показатели для исходного верхнего горизонта почвы и оросительной воды. (1) Предмет исследования: а) Оросительная вода; б) Насыщенная почвенная вытяжка. с) Почва. (2) Электропроводность в ммхос/см. (3) Адсорбционное соотношение ионов натрия. (4) Влагоемкость в %. (5) Распределение структурных отделностей в %. (6) Объемный вес в г/см<sup>3</sup>. (7) Коэффициент дисперсии %. (8) Гидравлическая проводимость см/час. (9) Обменный натрий в %. (10) Потребность в гипсе т/га.

**Табл. 3.** Химический состав органических удобрений. (1) Органические удобрения: А) Навоз. В) Зеленое удобрение (*Sesbania aculeata* Pers.), бобовое растение тропической зоны. С) Шелуха риса. D) Птичий навоз.

**Табл. 4.** Процентное содержание в щелочных засоленных почвах ионов обменного натрия и кальция после внесения различных органических удобрений и химических мелиорантов, при различном времени инкубации почвы. (1) Варианты: О. Контроль; 1. Гипс. 2. Серный порошок. 3. Навоз. 4. Навоз + гипс; 5. Навоз + серный порошок. 6. Зеленое удобрение. 7. Зеленое удобрение + гипс. 8. Зеленое удобрение + серный порошок. 9. Птичий навоз. 10. Птичий навоз + гипс. 11. Птичий навоз + серный порошок. 12. Шелуха риса. 13. Шелуха риса + гипс. 14. Шелуха риса + серный порошок. А) Ионы обменного натрия. В) Ионы обменного кальция. (2) Время инкубации, в неделях. СНР<sub>г%</sub> между вариантами или между продолжительностью инкубации.

**Табл. 5.** Влияние внесения органических удобрений и химических мелиорантов на физические свойства щелочных засоленных почв (средние величины). (1) Название (обозначение) варианта и дозы в т/га. \* = дозы удобрений эквивалентны 10 т/га органического углерода. (2) Гидравлическая проводимость см/час. (3) Объемный вес г/см<sup>3</sup>. (4) Влагоемкость в %. (5) Коэффициент дисперсности %. (6) Содержание водопрочных агрегатов (> 0,25) %.

**Табл. 6.** Влияние внесения органических удобрений и химических мелиорантов на химические свойства щелочных засоленных почв (средние величины). (1) Варианты.

**Табл. 7.** Влияния органических удобрений и химических мелиорантов на солевой баланс и содержание обменных катионов в щелочных засоленных почвах. (1) Варианты. (2) Электропроводность в ммхос/см. (3) Органический углерод. (4) «Т» обменных катионов в %.

**Табл. 8.** Величины коэффициентов корреляции между показателями содержания ионов обменного натрия и кальция, электропроводностью, pH, а также физическими свойствами почвы и развитием растений. (1) Изученные свойства: А) Урожай зерна. В) Высота растения. С) Кустистость. D) Вес тысячи зерен. Е) Коэффициент дисперсности. F) Фактор структурности. G) Гидравлическая проводимость. H) Обменный Ca<sup>2+</sup>. 1) Влагоемкость. (2) Обменные натрий и кальций. (3) Электропроводность.

**Табл. 9.** Влияние органических удобрений и химических мелиорантов на усвояемость питательных элементов. (1) Варианты. (2) Усвояемые питательные элементы, кг/га.

**Табл. 10.** Влияние органических удобрений и химических мелиорантов на развитие и урожай риса, выращенного на засоленных щелочных почвах. (1) Варианты. (2) Урожай зерна кг/га. (3) Урожай соломы, кг/га. (4) Вес тысячи зерен, г. (5) Отрост, шт./растение. (6) Высота растения см.